

Zużycie wody ciepłej i zimnej w latach 2011-2022 na przykładzie wybranych budynków wielorodzinnych

Domestic hot and cold water consumption in the years 2011-2022 in selected multi-family buildings

Ewa Hołota, Anna Życzyńska, Grzegorz Dys*

Słowa kluczowe: zmienność zużycwanej wody, współczynnik zużycia wody, współczynnik zużycia ciepła

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące zużycia wody zimnej i ciepłej w latach 2011-2022 oraz zużycia ciepła w celu przygotowania ciepłej wody w latach 2013-2022, w dziewięciu wielorodzinnych budynkach mieszkalnych. Każdy budynek ma indywidualny węzeł dwufunkcyjny oraz pompową instalację cyrkulacyjną. Budynki różnią się od siebie powierzchnią użytkową, liczbą lokali i liczbą zamieszkujących je osób. Celem badań było określenie wartości wskaźników jednostkowego zużycia wody zimnej (ZW), ciepłej (CW) i sumarycznej (ZW+CW), określenie udziału zużycia wody ciepłej w zużyciu sumarycznym, określenie wskaźnika jednostkowego zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową w odniesieniu do 1m² powierzchni użytkowej oraz wskaźnika podgrzewania wody. Otrzymane wartości porównano z jednostkowym zużyciem wody w Polsce i w mieście, w którym te budynki są zlokalizowane oraz z wartościami zawartymi w aktualnie obowiązujących aktach prawnych i badaniach naukowych, prowadzonych w podobnym okresie.

W latach 2011-2022 średnie jednostkowe zużycie wody we wszystkich budynkach wyniosło 90 dm³/(d·M), w tym zużycie wody zimnej 55 dm³/(d·M), wody ciepłej 35 dm³/(d·M). Średni procentowy udział zużycia ciepłej wody we wszystkich budynkach w analizowanym okresie wyniósł 41%. Średnie jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę we wszystkich budynkach wyniosło 1,24 dm³/(d·m²), natomiast wskaźnik podgrzewania wody wyniósł 0,38 GJ/m³.

Keywords: variability of water consumption, water consumption indicator, water heating indicator

Abstract

This article presents the results of research on the cold and hot water consumption in the years 2011-2022 and on the consumption of heating for the preparation of hot water in the years 2013-2022 in nine multi-family residential buildings. Each building has an individual two-way district heating node and a pump circulation system. Buildings differ from each other in usable area, number of apartments, and number of inhabitants living there. The aim of the research was to determine: the indicators of specific consumption of cold (CW), hot (DHW) and total water (CW+DHW); the share of hot water consumption in total consumption; the indicator of the specific demand for hot water in relation to 1 m² of usable area as well as the water heating indicator. The values obtained were compared with the specific water consumption in Poland and in the city where these buildings are located, and with the values of the current legal regulations and of scientific research carried out for a similar period of time.

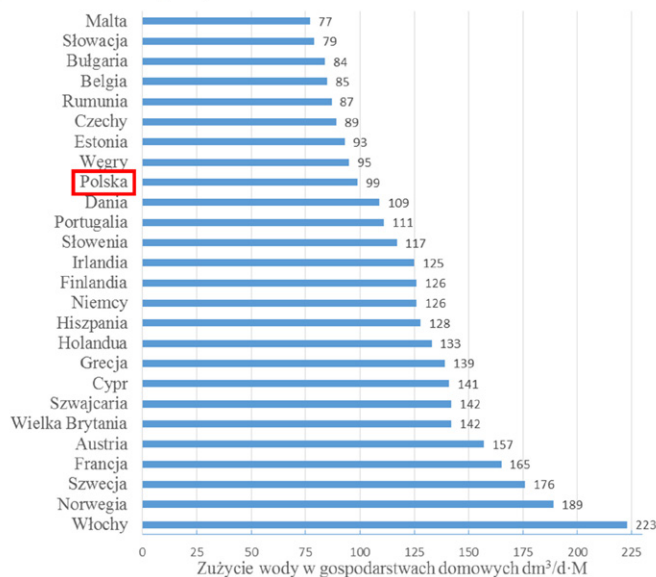
In 2011-2022, the average specific water consumption for all buildings was 90 dm³/(day·person), cold water consumption 55 dm³/(day·person), and hot water consumption 35 dm³/(day·person). The average percentage share of hot water consumption for all buildings in the analysed period was 41%. The average daily demand for hot water for all buildings was 1.24 dm³/(day·m²), while the water heating rate was 0.38 GJ/m³.

1. Wprowadzenie

Zasoby wodne na świecie są ograniczone. Zmieniające się warunki klimatyczne, objawiające się długimi okresami suszy, jak również rosnące antropogeniczne zanieczyszczenie wody do spożycia, powodują konieczność podjęcia działań, mających na celu racjonalną gospodarkę wodami [11]. Na przestrzeni lat widać wyraźnie zmiany zachodzące w tym obszarze. Spadek zużycia wody zauważalny jest zarówno w Polsce, jak i w Europie [19, 20]. W 2021 r. średnie zużycie wody w gospodarstwach domowych w krajach europejskich zawierało się w przedziale od 77 dm³/(d·M) do 223 dm³/(d·M) (rys.1.) [36]. W Polsce wskaźnik ten utrzymywał się na poziomie 99 dm³/(d·M).

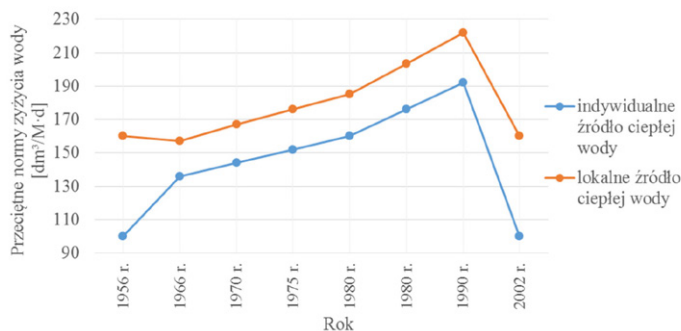
W Polsce pierwsze wskaźniki zużycia wody w budynkach mieszkalnych zostały opisane w 1956 r. Były to wskaźniki prognostyczne, na podstawie których projektowano sieci wodociągowe. Ostatnia aktualizacja tych wskaźników nastąpiła w 2002 r. [34]. Na rys. 2. przedstawiono zmiany wskaźników zużycia wody w latach 1956-2002. Mimo, iż wskaźniki nie odzwierciedlają rzeczywistych poborów wody na cele bytowo-gospodarcze, na ich podstawie można zauważyć trendy zachodzące w strukturze zużycia wody na przestrzeni prawie siedemdziesięciu lat. Do roku 1990 wskaźnik zużycia wody stopniowo rósł. Wprowadzony w 1994 r. obowiązek stosowania wodomierzy mieszkaniowych do pomiaru zużycia wody zimnej i ciepłej [33] spowodował, że od tego czasu zauważalny jest spadek zużycia wody w Polsce [32].

*) Ewa Hołota, dr inż., Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Usuwania Ścieków, Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, e.holota@pollub.pl, Anna Życzyńska, dr hab. inż. prof. PL, Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury, Katedra Konserwacji Zabytków, Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin, a.zyczyńska@pollub.pl, Grzegorz Dys, mgr inż., Energetyczna Pracownia Inżynierska „ERG” Sp. C., Głęboka 10 lok. 35, 20-612 Lublin, erg@erg.lublin.pl



Rys. 1. Średnie dobowe zużycie wody w gospodarstwach domowych na osobę w wybranych krajach europejskich w 2021 r. [36]

Fig. 1. Average residential drinking water daily consumption per capita in selected European countries in 2021 [36]



Rys. 2. Wykres zmian wskaźnika zużycia wody w latach 1956-2002 w zależności od sposobu podgrzewania ciepłej wody [21]

Fig. 2. Chart of changes in the water consumption indicator in the years 1956-2002, depending on the method of heating hot water [21]

Spadek zużycia wody dla celów bytowo-gospodarczych zależy nie tylko od faktu jej opomiarowania [8]. Do najważniejszych czynników, decydujących o ilości zużywanej wody, można zaliczyć rodzaj budynku (jednorodzinny, wielorodzinny), strefę klimatyczną, liczbę osób mieszkających w budynku, powierzchnię działki i ogrodu, czy też występowanie basenu [7, 10]. Wpływ na zużycie wody ma również sposób podgrzewania ciepłej wody, wyposażenie budynku w urządzenia pobierające wodę, jak i w systemy zbierające wodę deszczową [12, 15, 18, 19, 28, 37, 41, 42]. W przypadku domów jednorodzinnych, na zmniejszenie zużycia wody wpłynęło także powstanie samoobsługowych myjni samochodowych. Puskarewicz [28] wykazała, że w budynkach, w których występuje lokalne źródło ciepłej wody (przepływowe podgrzewacze wody) zużycie wody jest zdecydowanie mniejsze, niż w budynkach, do których ciepła woda dostarczana jest z węzła ciepłowniczego. Ponadto zmiana nawyków mieszkańców spowodowana wyposażeniem mieszkań w urządzenia oszczędzające wodę (zakup zmywarki, wymiana wanny na prysznic, wymiana tradycyjnej muszli ustępowej na nowoczesną, z mniejszym zbiornikiem wody, zastosowanie baterii czerpalnych z perlatorami) poskutkowało znacznym zmniejszeniem ilości zużywanej wody. Badania przeprowadzone

przez Jedlikowskiego i Englarta [12, 18] dowiodły, że samo zastosowanie odpowiednich baterii czerpalnych z perlatorami pozwoliło na oszczędność wody na poziomie ponad 50%.

Badania nad analizą zużycia wody w Polsce prowadzone są od wielu lat [2-6, 9, 13, 16, 17, 19, 21-26, 29, 31, 32, 38, 39]. W większości publikacji autorzy wykazują, że przyjęte w aktualnie obowiązujących aktach prawnych wartości dotyczące zużycia wody są za duże. Często rzeczywiste jednostkowe zużycie wody jest na poziomie 50% wartości z wytycznych [3, 5, 13]. Co więcej, wiele z tych prac wskazuje na zmniejszające się zużycie wody w gospodarstwach domowych. Jednymi z pierwszych osób zajmującymi się tą tematyką byli Kloss-Trębaczewicz, Osuch – Pajdzińska i Roman [31, 32], którzy wykazali, że do roku 1990 następował stopniowy wzrost zużycia wody, a od roku 1990, czyli po transformacji ustrojowej w Polsce, zauważalny jest dynamiczny spadek zużycia wody. Hotłós [16] wykazała spadek jednostkowego zużycia wody w gospodarstwach domowych z wartości 145÷260 dm³/(d·M) w 1990 r. do 86÷112 dm³/(d·M) w 2008 r. Pawełek i Woyciechowska [26] przeanalizowali okres od 2000 do 2012 r. wykazując zmniejszenie zużycia wody z 91 dm³/(d·M) w roku 2000 do 79 dm³/(d·M) w roku 2012. Bugajski i Satora [6] poddali analizie czteroletni (2004–2007) przedział czasu, w którym przeanalizowali zużycie wody w budynkach jednorodzinnych i wielorodzinnych. Wykazali, że w budynkach jednorodzinnych jednostkowe zużycie wody spadło z poziomu 78 dm³/(d·M) (2005 r.) do 75 dm³/(d·M) (2007 r.), a w budynkach wielorodzinnych wzrosło z 87 dm³/(d·M) (2004 r.) do 93 dm³/(d·M) (2007 r.). Badania przeprowadzone przez Jaczewską i Szaflika [17] w latach 2009-2019 wykazują wzrostowy trend jednostkowego zużycia wody z poziomu 97 dm³/(d·M) do 109 dm³/(d·M).

Informacje na temat zużycia wody są niezbędne przedsiębiorstwom zaopatrującym ludność w wodę w celu zaplanowania właściwej eksploatacji zarówno systemów wodociągowych, jak i kanalizacyjnych. Jednakże znajomość struktury zużywanej wody, czyli podział na wodę zimną i ciepłą, jest ważny z punktu widzenia przedsiębiorstw zaopatrujących budynki w energię wykorzystywaną do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody. Na podstawie jednostkowego zużycia wody ciepłej wymiaruje się urządzenia do przygotowania ciepłej wody wg normy PN-92/B-01706 [27], informacje te są również niezbędne do wykonania świadectwa charakterystyki energetycznej budynku zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. z 2015 poz. 376) [35]. Jednakże, przytoczone w niniejszych aktach prawnych wartości, które należy przyjmować do obliczeń, niejednokrotnie nie pokrywają się z wartościami rzeczywistymi [17, 30, 40]. Jednostkowe zużycie wody ciepłej wg normy [27] powinno wynosić 110-130 dm³/(d·M), tymczasem w badaniach przeprowadzonych przez Jaczewską i Szaflika [17] wyniosło 40 dm³/(d·M), w badaniach przeprowadzonych przez Szulgowską-Zgrzywę i innych [40] 43 dm³/(d·M), a w badaniach przeprowadzonych przez Ratajczak i innych [30] 27,4 dm³/(d·M). Podobnie jest z jednostkowym zużyciem wody ciepłej przeliczonym na m² powierzchni użytkowej, które wg Rozporządzenia [35] powinno wynosić 1,6 dm³/(d·m²). Badania przeprowadzone przez Ratajczak i innych [30] wykazują rzeczywiste zużycie ciepłej wody na poziomie 0,85 dm³/(d·m²).

Celem niniejszej pracy jest próba określenia rzeczywistego wskaźnika jednostkowego zużycia wody odniesionego do danego mieszkańca oraz metra kwadratowego zajmowanej powierzchni użytkowej mieszkalnego budynku, jak również wskaźnika podgrzewania wody. Na ich podstawie możliwe będzie wykazanie konieczności uaktualnienia wartości liczbowych zawartych w aktualnie obowiązujących aktach prawnych. Pozwoli to na lepszą ocenę całkowitego zużycia energii oraz umożliwi skuteczniejsze wdrażanie działań sprzyjających jej obniżeniu.

2. Obiekt badań i metodyka

Badania zrealizowano w mieście zlokalizowanym we wschodniej części województwa lubelskiego, w którym w 2022 r. liczba mieszkańców wynosiła 58 374 osób i zmniejszyła się o około 10% w stosunku do 2011 r. Analizie poddano zużycie wody zimnej i ciepłej oraz zużycie ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody w dziewięciu budynkach wielorodzinnych, należących do jednej spółdzielni mieszkaniowej. Każdy budynek ma indywidualny węzeł dwufunkcyjny oraz pompową instalację cyrkulacyjną. Budynki różnią się od siebie powierzchnią użytkową, liczbą lokali i liczbą lokatorów użytkujących instalację wodociągową. W czterech budynkach (B1-B4) układy przygotowania ciepłej wody wyposażone są w kolektory słoneczne, które zostały zainstalowane w 2019 r. Szczegółowe dane dotyczące analizowanych budynków zawiera tab. 1. Dane udostępnione przez spółdzielnię dotyczą okresu 2011-2022, zawierają informacje nt. liczby użytkowników lokali, zużycia wody zimnej i ciepłej. Dodatkowo otrzymano zestawienie ilości zużycia ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody za lata 2013-2020.

W pracy porównano rzeczywiste wskaźniki zużycia wody i ciepła, obliczonych na podstawie zależności (2) – (5) ,z wartościami opisanymi w aktualnie obowiązujących aktach prawnych i innych publikacjach naukowych z podobnego okresu.

Na podstawie liczby mieszkańców zameldowanych w budynku i liczby lokali obliczono średni wskaźnik zasiedlenia lokali, czyli średnią liczbę osób zamieszkujących lokal (1).

$$W_z = \frac{LM}{LL} \left[\frac{M}{\text{lokal}} \right] \quad (1)$$

gdzie:

W_z – wskaźnik zasiedlenia [M/lokal]

LM – liczba mieszkańców w budynku [M]

LL – liczba lokali w budynku [lokal]

We wszystkich budynkach woda zimna doprowadzana jest z sieci miejskiej, natomiast ciepła woda jest przygotowywana w indywidualnych węzłach ciepłych. Dodatkowo w budynkach B1-B4 w 2019 r. zainstalowano kolektory słoneczne, w celu uzupełnienia energii do podgrzewania wody. Zarówno woda zimna, jak i ciepła są opomiarowane za pomocą wodomierzy. Ilość zużytej wody zimnej obliczono jako różnicę wskazań wodomierza głównego, zlokalizowanego na

wejściu przyłącza wody do budynku, i wodomierza wody ciepłej znajdującego się na wyjściu z wymiennika (2).

$$Q_s = Q_{ZW} + Q_{CW} \quad [m^3/\text{rok}] \quad (2)$$

gdzie: Q_s – roczne sumaryczne zużycie wody zimnej i ciepłej [m^3/rok]

Q_{ZW} – roczne zużycie wody zimnej [m^3/rok]

Q_{CW} – roczne zużycie wody ciepłej [m^3/rok]

Znając liczbę mieszkańców zamieszkujących dany budynek, obliczono wskaźnik jednostkowego zużycia wody zimnej (ZW), ciepłej (CW) i sumarycznej (ZW+CW) w ciągu doby przez jednego użytkownika (3).

$$q_j = 2,74 \cdot \frac{Q}{LM} \left[\frac{dm^3}{d \cdot M} \right] \quad (3)$$

gdzie:

q_j – jednostkowe zużycie wody [$dm^3/(d \cdot M)$]

Q – zużycie wody, odpowiednio Q_s , Q_{ZW} , Q_{CW} [m^3/rok]

LM – jak we wzorze (1)

2,74 – wartość wynikająca z przeliczenia jednostek

Wyniki obliczeń jednostkowego, sumarycznego zużycia wody porównano z jednostkowym zużyciem wody w Polsce i w mieście, w którym te budynki są zlokalizowane oraz z przeciętną normą zużycia wody opisaną w Rozporządzeniu z dnia 14 stycznia 2002 roku (Dz.U. z 2002 nr 8 poz. 70) [34]. Wyniki otrzymane dla wody ciepłej porównano z wartościami, które należy przyjmować przy wymiarowaniu węzła ciepłej wody wg normy PN-92/B-01706 [27]. Obliczony udział procentowy zużycia wody ciepłej w sumarycznym zużyciu porównano z wynikami innych badań naukowych. Dodatkowo, na podstawie zależności (4) obliczono wskaźnik jednostkowego dobowego zapotrzebowania na ciepłą wodę w odniesieniu do $1m^2$ powierzchni użytkowej.

$$V_{wi,CW} = 2,74 \cdot \frac{Q_{CW}}{A_f} \left[\frac{dm^3}{d \cdot m^2} \right] \quad (4)$$

gdzie:

$V_{wi,CW}$ – jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę [$dm^3/(d \cdot m^2)$]

Q_{CW} – jak we wzorze (2) [m^3/rok]

A_f – powierzchnia użytkowa budynku [m^2]

2,74 – wartość wynikająca z przeliczenia jednostek

Tabela 1. Dane analizowanych budynków

Table 1. Data on the analysed buildings

budynek	liczba lokali	powierzchnia użytkowa [m ²]	liczba osób użytkujących lokale											
			[M]											
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
B1	40	2379	93	94	95	91	92	93	89	86	92	86	85	77
B2	53	3666	140	118	119	113	111	109	108	117	109	110	109	99
B3	61	3533	143	126	123	122	123	127	123	122	119	114	114	101
B4	42	2394	91	88	89	82	82	76	74	74	74	68	69	67
B5	60	3045	122	113	107	107	102	99	101	100	100	105	105	103
B6	40	2433	95	92	91	86	88	86	90	90	86	85	85	88
B7	48	2474	103	101	99	100	99	95	95	93	91	84	84	75
B8	71	3615	138	138	138	135	139	139	132	128	123	120	119	121
B9	50	2807	112	110	102	96	97	92	93	93	92	94	94	93
Σ	465	26346	1037	980	963	932	933	916	905	903	886	866	864	824

Otrzymane wyniki zostały porównane z wartościami jednostkowego dobowego zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową opisanymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. z 2015 poz. 376) [35].

Wskaźnik podgrzewania wody, czyli zużycie ciepła niezbędnego do podgrzania 1m³ wody o temperaturze 10°C do temperatury 55°C, został obliczony ze wzoru (5):

$$Q_{en} = Q_{en,CW}/Q_{CW} \text{ [GJ/m}^3\text{]} \quad (5)$$

gdzie:

Q_{en} – wskaźnik podgrzewania wody [GJ/m³]

$Q_{en,CW}$ – roczne zużycie ciepła do podgrzania ciepłej wody [GJ/rok]

Q_{CW} – jak we wzorze (2) [m³/rok]

Tak obliczone wartości porównano z wartością teoretyczną obliczoną wg wzoru (6) [27]:

$$Q_{en,t} = V_i \cdot \rho \cdot c_w \cdot (t_{CW} - t_{ZW}) \cdot 10^{-6} \text{ [GJ/m}^3\text{]} \quad (6)$$

gdzie:

$Q_{en,t}$ – teoretyczny wskaźnik podgrzewania wody [GJ/m³]

V_i – objętość wody zimnej [m³]

ρ – gęstość wody [kg/m³]

c_w – ciepło właściwe wody [kJ/kg·K]

t_{CW} – temperatura wody zimnej [°C] przyjęto 10°C

t_{ZW} – temperatura wody ciepłej [55 °C] przyjęto 55°C

10-6 – wartość wynikająca z przeliczenia jednostek

Średnia roczna sprawność przesyłu ciepła ze źródła ciepła do zaworów czerpalnych została obliczona na podstawie zależności (7):

$$\eta_{w,d} = \frac{Q_{en,t}}{Q_{en}} \text{ [-]} \quad (7)$$

gdzie:

$\eta_{w,d}$ – średnia roczna sprawność przesyłu ciepła ze źródła ciepła do zaworów czerpalnych [-]

$Q_{en,t}$ – jak we wzorze (6) [GJ/m³]

Q_{en} – jak we wzorze (5) [GJ/m³]

Sprawność przesyłu ciepła została porównana ze sprawnością, którą przyjmuje się sporządzając charakterystykę energetyczną budynku na podstawie Rozporządzenia [35].

3. Wyniki

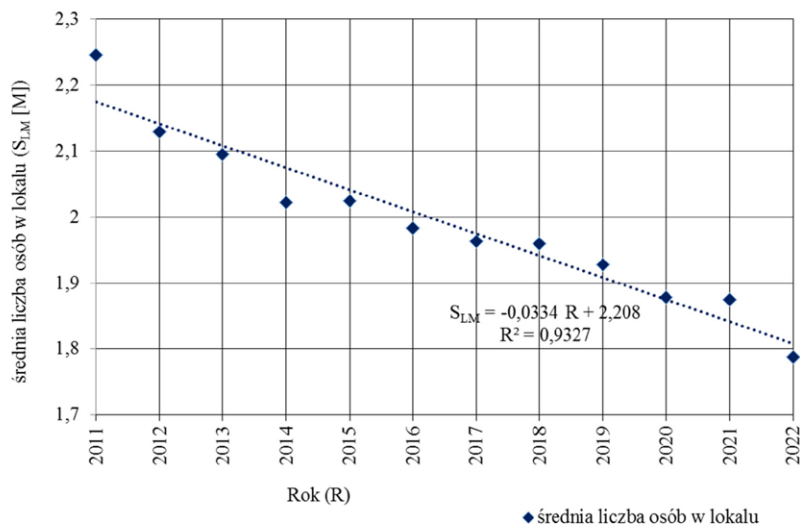
W latach 2011-2022 liczba użytkowników lokali zmniejszyła się o 20%. Świadczy to o zmianach demograficznych w zasobach spółdzielni. Średnią liczbę osób użytkujących lokale we wszystkich analizowanych budynkach pokazano na rys. 3. Współczynnik nachylenia linii trendu wynosi – 0,0334, co świadczy o prognozowanych kolejnych spadkach liczby mieszkańców.

W latach 2011 – 2022 w badanych budynkach nastąpił spadek sumarycznego (ZW+CW) zużycia wody o 24%, wody zimnej (ZW) o 11% oraz ciepłej (CW) o 31% (rys. 4). W latach 2012, 2018 i 2022 wystąpił okresowy wzrost zużycia wody zimnej w porównaniu do roku poprzedzającego. Zauważono również wyraźny spadek zużycia wody ciepłej w ostatnich dwóch analizowanych latach.

W tab. 2 przedstawiono jednostkowe zużycie wody sumarycznej (ZW+CW) przypadające na jednego użytkownika w Polsce, a także w mieście, w którym zlokalizowane są badane budynki oraz wartość średnią za lata 2011-2022 w obiektach znajdujących się w zasobach spółdzielni. Zarówno w Polsce, jak i w mieście jednostkowe zużycie wody sumarycznej stopniowo rośnie, w przeciwieństwie do średniego jednostkowego zużycia wody w budynkach w analizowanej spółdzielni. Tam zużycie wody przypadające na jednego mieszkańca ma trend spadkowy (rys. 5.).

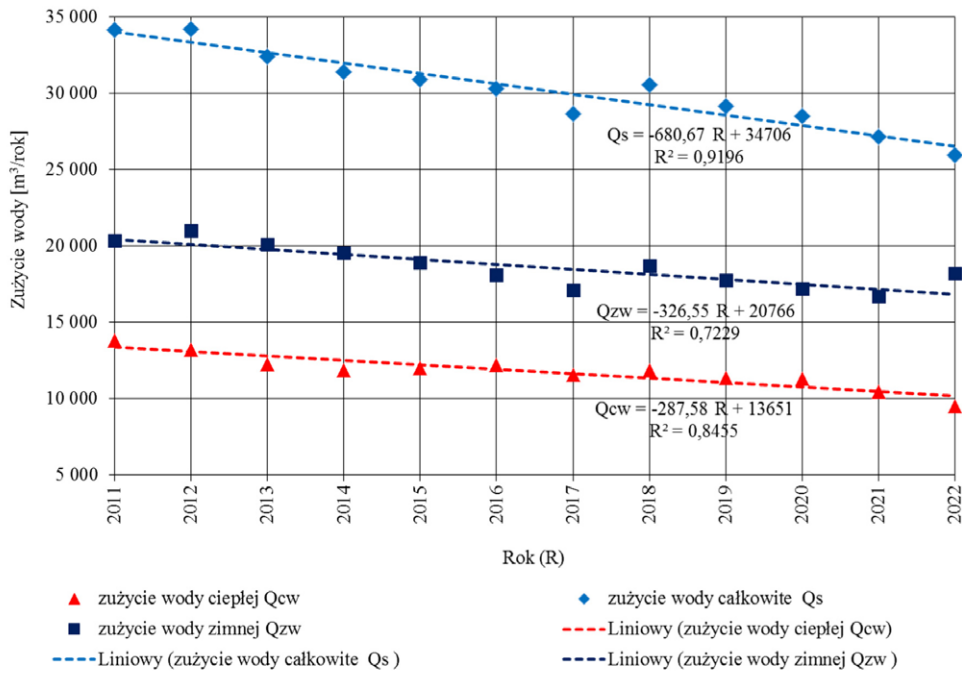
Tabela 2. Jednostkowe zużycie wody w gospodarstwach domowych w latach 2011-2022
Table 2. The specific water consumption in households in the years 2011-2022

ROK	q _{js} (ZW+CW) [dm ³ /(d·M)]		
	POLSKA [1]	MIASTO [1]	SPÓŁDZIELNIA B1-B9
2011	97	76	90
2012	96	76	96
2013	93	74	92
2014	96	74	92
2015	96	76	91
2016	95	75	91
2017	99	75	87
2018	100	77	93
2019	101	78	90
2020	99	79	90
2021	99	80	86
2022	97	79	86
2011-2022	97	77	90

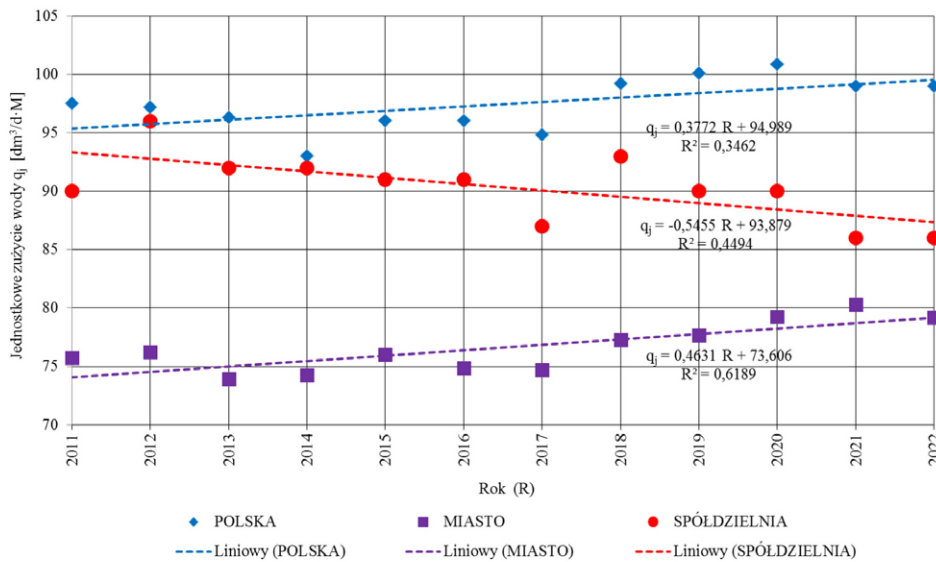


Rys. 3. Średnia liczba osób zamieszkujących jeden lokal w badanych budynkach w latach 2011 – 2022 wraz z linią trendu

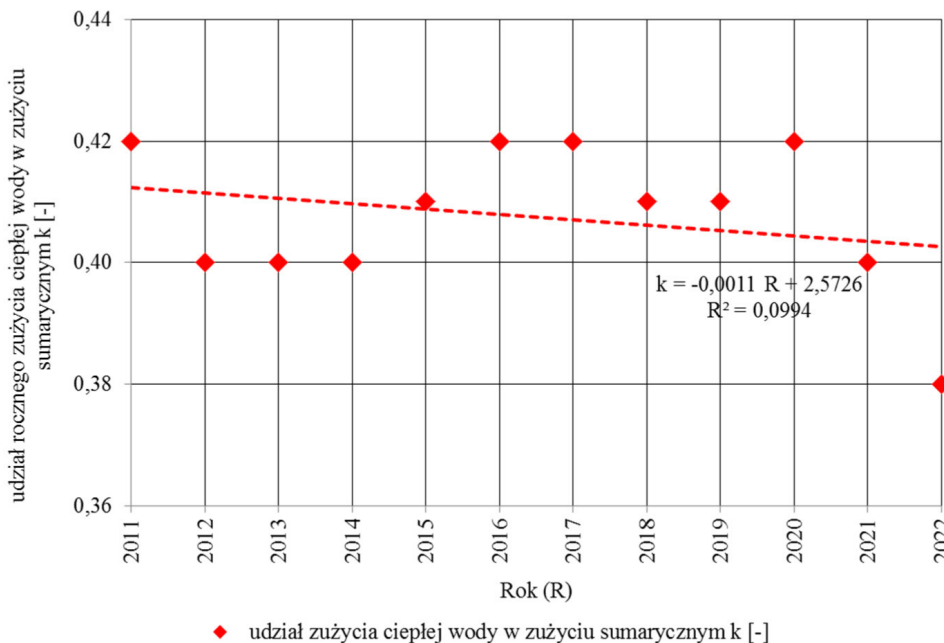
Fig. 3. The average number of people living in one apartment in the analysed buildings in the years 2011 – 2022 with the trend line



Rys. 4. Zmiana zużycia wody w analizowanych budynkach w latach 2011-2022
 Fig. 4. Change of water consumption in the analysed buildings in the years 2011-2022



Rys. 5. Jednostkowe zużycie wody w gospodarstwach domo-wych w latach 2011 – 2022 w przeliczeniu na jednego korzystającego
 Fig. 5. The specific daily water consumption per capita in house-holds in the years 2011 – 2022



Rys. 6. Wartości udziału zużycia ciepłej wody w zużyciu sumarycznym w poszczególnych latach wraz z linią trendu
 Fig. 6. Values of the share of hot water consumption in the total consumption in individual years with the trend line

W tab. 3 przedstawiono wartości jednostkowego zużycia wody sumarycznej, zimnej oraz ciepłej w latach 2011 – 2022 oraz obliczono udział rocznego zużycia ciepłej wody w rocznym zużyciu sumarycznym. We wszystkich budynkach sumaryczne zużycie wody ma tendencję spadkową. Jednostkowe zużycie wody sumarycznej w przeliczeniu na jednego mieszkańca w analizowanym okresie jest bardzo zróżnicowane. Najmniejsze wartości otrzymano w budynku B7 – średnia wartość 57 dm³/(d·M), natomiast wartości najwyższe uzyskano w budynku B8 – średnia wartość 115 dm³/(d·M). W siedmiu na dziewięć budynków około 40% zużywanej wody stanowi

woda ciepła. Wyjątkiem są budynki B7 i B8, gdzie ciepła woda stanowi odpowiednio 51% i 29%.

Na rys. 6 przedstawiono udział rocznego zużycia ciepłej wody w rocznym zużyciu sumarycznym. Średnia wartość udziału zawiera się w przedziale od 0,38 do 0,42 i ma tendencję spadkową.

Wskaźniki jednostkowego dobowego zapotrzebowania na ciepłą wodę w odniesieniu do 1m² powierzchni użytkowej zostały przedstawione w tabeli 4. Średnia wartość w latach 2011-2022 waha się od 1,09 dm³/(d·m²) – budynek B2 do 1,32 dm³/(d·m²) – budynek B7. Należy zauważyć stopniowy spadek wartości na przestrzeni analizowanych 12 lat.

Tabela 3. Jednostkowe zużycie wody w badanych obiektach w latach 2011 – 2022

Table 3. The specific daily water consumption in the analysed buildings in the years 2011 – 2022

Budynek	rodzaj jednostkowego zużycia wody	Jednostkowe zużycie wody qj [dm ³ /(d·M)]												
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2011-2022
B1	q _{j,s} (ZW+CW)	91	89	83	88	83	81	81	93	84	84	79	80	85
	q _{j,zw} (ZW)	54	53	50	54	49	45	45	54	49	49	47	49	50
	q _{j,cw} (CW)	37	36	33	34	34	36	36	39	35	35	32	31	35
	udział %CW	41%	40%	40%	39%	41%	44%	44%	42%	42%	42%	41%	39%	41%
B2	q _{j,s} (ZW+CW)	91	101	98	99	95	92	86	89	88	91	87	93	93
	q _{j,zw} (ZW)	53	62	62	63	59	55	53	56	55	56	53	60	57
	q _{j,cw} (CW)	38	39	36	36	36	37	33	33	33	35	34	33	35
	udział %CW	42%	39%	37%	36%	38%	40%	38%	37%	38%	38%	39%	35%	38%
B3	q _{j,s} (ZW+CW)	89	99	99	89	93	89	83	86	85	87	80	88	89
	q _{j,zw} (ZW)	54	60	59	54	55	52	47	51	53	53	50	55	54
	q _{j,cw} (CW)	35	39	40	35	38	37	36	35	32	34	30	33	35
	udział %CW	39%	39%	40%	39%	41%	42%	43%	41%	38%	39%	38%	38%	40%
B4	q _{j,s} (ZW+CW)	109	104	99	109	107	109	102	106	102	96	98	95	103
	q _{j,zw} (ZW)	66	62	61	68	63	61	60	66	63	57	62	61	63
	q _{j,cw} (CW)	43	42	38	41	44	48	42	40	39	39	36	34	41
	udział %CW	39%	40%	38%	38%	41%	44%	41%	38%	38%	41%	37%	36%	39%
B5	q _{j,s} (ZW+CW)	78	94	92	87	80	89	84	89	86	82	83	78	85
	q _{j,zw} (ZW)	46	58	57	52	44	53	50	55	51	47	52	49	51
	q _{j,cw} (CW)	32	36	35	35	36	36	34	34	35	35	31	29	34
	udział %CW	41%	38%	38%	40%	45%	40%	40%	38%	41%	43%	37%	37%	40%
B6	q _{j,s} (ZW+CW)	88	94	89	94	95	91	85	93	95	98	96	89	92
	q _{j,zw} (ZW)	53	58	55	60	60	54	53	56	57	59	60	56	57
	q _{j,cw} (CW)	35	36	34	34	35	37	32	37	38	39	36	33	36
	udział %CW	40%	38%	38%	36%	37%	41%	38%	40%	40%	40%	38%	37%	38%
B7	q _{j,s} (ZW+CW)	57	57	56	55	56	58	55	57	56	61	55	61	57
	q _{j,zw} (ZW)	20	23	22	20	23	23	20	21	21	23	20	30	22
	q _{j,cw} (CW)	37	34	34	35	33	35	35	36	35	38	35	31	35
	udział %CW	65%	60%	61%	64%	59%	60%	64%	63%	63%	62%	64%	51%	61%
B8	q _{j,s} (ZW+CW)	119	122	112	115	109	110	112	125	118	120	111	106	115
	q _{j,zw} (ZW)	83	87	82	84	80	78	78	89	82	85	78	75	82
	q _{j,cw} (CW)	36	35	30	31	29	32	34	36	36	35	33	31	33
	udział %CW	30%	29%	27%	27%	27%	29%	30%	29%	31%	29%	30%	29%	29%
B9	q _{j,s} (ZW+CW)	87	92	92	91	93	91	86	90	89	84	83	79	88
	q _{j,zw} (ZW)	49	55	56	55	58	56	52	55	54	50	49	49	53
	q _{j,cw} (CW)	38	37	36	36	35	35	34	35	35	34	34	30	35
	udział %CW	44%	40%	39%	40%	38%	38%	40%	39%	39%	40%	41%	38%	40%
B1-B9	q _{j,s} (ZW+CW)	90	95	91	92	90	90	86	92	89	89	86	85	90
	q _{j,zw} (ZW)	53	58	56	57	55	53	51	56	54	53	52	54	55
	q _{j,cw} (CW)	37	37	35	35	36	37	35	36	35	36	33	32	35
	udział %CW	42%	40%	40%	40%	41%	42%	42%	41%	41%	42%	40%	38%	41%

Tabela 4. Wskaźniki jednostkowego dobowego zapotrzebowania na ciepłą wodę w odniesieniu do 1m² powierzchni użytkowejTable 4. Indicators of specific daily demand for hot water in relation to 1m² of usable area

BUDYNEK	A _f [m ²]	V _{wi,cw} [dm ³ /(d·m ²)]													
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2011-2022	
B1	2379	1,43	1,41	1,30	1,31	1,32	1,41	1,35	1,43	1,33	1,27	1,13	0,99	1,31	
B2	3666	1,47	1,25	1,16	1,10	1,08	1,09	0,98	1,07	0,99	1,04	1,01	0,89	1,09	
B3	3533	1,40	1,40	1,39	1,22	1,31	1,33	1,25	1,22	1,08	1,10	0,98	0,93	1,22	
B4	2394	1,64	1,54	1,42	1,42	1,52	1,51	1,30	1,22	1,22	1,10	1,05	0,96	1,32	
B5	3045	1,28	1,32	1,24	1,22	1,20	1,18	1,13	1,13	1,16	1,21	1,08	0,99	1,18	
B6	2433	1,35	1,35	1,26	1,21	1,28	1,30	1,19	1,36	1,33	1,35	1,24	1,19	1,29	
B7	2474	1,53	1,39	1,34	1,39	1,32	1,33	1,34	1,35	1,30	1,30	1,20	0,95	1,31	
B8	3615	1,36	1,32	1,14	1,15	1,13	1,24	1,24	1,27	1,21	1,17	1,08	1,03	1,19	

Na podstawie informacji dotyczących zużycia ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody obliczono wskaźnik podgrzewania wody (tab. 5). Z uwagi na fakt, iż w 2019 roku w budynkach B1-B4 zainstalowano kolektory słoneczne należało spodziewać się w 2020 roku

zmniejszenia zużycia ciepła niezbędnego do podgrzania wody. Tymczasem tylko w budynku B1 i B3 zauważono spadek tego wskaźnika.

W tab. 6 przedstawiono średnie wartości obliczonych wskaźników w analizowanych budynkach z okresu 2011-2022, które porównano

Tabela 5. Wskaźnik podgrzewania wody w analizowanych budynkach

Table 5. Water heating indicator for the analysed buildings

BUDYNEK	Q _{en} [GJ/m ³]									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013-2020	
B1	0,39	0,35	0,31	0,27	0,34	0,29	0,22	0,26	0,30	
B2	0,51	0,52	0,50	0,47	0,49	0,48	0,53	0,53	0,50	
B3	0,44	0,47	0,41	0,45	0,43	0,45	0,43	0,38	0,43	
B4	0,43	0,39	0,29	0,30	0,32	0,34	0,34	0,35	0,35	
B5	0,31	0,31	0,30	0,28	0,30	0,33	0,34	0,33	0,31	
B6	0,35	0,36	0,34	0,33	0,36	0,30	0,31	0,31	0,33	
B7	0,35	0,34	0,35	0,35	0,34	0,32	0,33	0,34	0,34	
B8	0,41	0,41	0,41	0,38	0,37	0,34	0,35	0,38	0,38	
B9	0,44	0,45	0,45	0,45	0,46	0,40	0,40	0,47	0,44	
B1-B9	0,40	0,40	0,37	0,36	0,38	0,36	0,36	0,37	0,38	

Tabela 6. Zestawienie średnich wartości wskaźników w analizowanych budynkach

Table 6. Summary of average values indicators for the analysed buildings

Budynek	q _{j,s}	V _{wi,s}	q _{j,zw}	V _{wi,zw}	q _{j,cw}	udział %CW	V _{wi,cw}	Q _{en}	η _{w,d}
	dm ³ /(d·M)	dm ³ /(d·m ²)	dm ³ /(d·M)	dm ³ /(d·m ²)	dm ³ /(d·M)	%	dm ³ /(d·m ²)	GJ/m ³	-
B1	85	3,18	50	1,87	35	41	1,31	0,30	0,62
B2	93	2,87	57	1,78	35	38	1,09	0,50	0,38
B3	89	3,06	54	1,84	35	40	1,22	0,43	0,44
B4	103	3,36	63	2,04	41	39	1,32	0,35	0,55
B5	85	2,94	51	1,77	34	40	1,18	0,31	0,61
B6	92	3,35	57	2,07	35	38	1,29	0,33	0,57
B7	57	2,14	22	0,83	35	61	1,31	0,34	0,56
B8	115	4,15	82	2,96	33	29	1,19	0,38	0,50
B9	88	3,06	53	1,84	35	40	1,22	0,44	0,43
B1-B9	90	3,12	55	1,89	35	41	1,24	0,38	0,50
wartości wg aktów prawnych	wg [34] 140-160				wg [27] 110-130		wg [35] 1,6	wg wzoru (7) 0,32	wg [35] 0,6
wartości otrzymane w innych badaniach naukowych			wg [17] 60		wg [17] 40 wg [40] 43 wg [30] 27,4	wg [17] 40 wg [21] 38,5 wg [30] 30 wg [15] 40	wg [30] 0,85	wg [14] 0,41	

do wartości w aktualnie obowiązujących rozporządzeniach, normach oraz w innych badaniach naukowych zrealizowanych w podobnym okresie.

4. Wnioski

W artykule przedstawiono wyniki badań zużycia wody zimnej i ciepłej oraz ciepła niezbędnego do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych wielorodzinnych budynkach mieszkalnych przykładowej spółdzielni mieszkaniowej. Biorąc pod uwagę otrzymane wyniki, sformułowano następujące wnioski:

1. Przeprowadzone badania wskazują na utrzymujący się spadkowy trend zużycia wody w analizowanych budynkach. Zużycie wody zimnej i ciepłej w latach 2011-2022 zmniejszyło się odpowiednio o 11% i 31%. Sumaryczne zużycie wody spadło o 24%, co spowodowane jest zmniejszeniem w analizowanym okresie liczby mieszkańców o 20%.
2. Średnie jednostkowe sumaryczne zużycie wody (ZW+CW) w latach 2011-2022 w przeliczeniu na jednego mieszkańca wyniosło $90 \text{ dm}^3/(\text{d}\cdot\text{M})$. Wartości te są niższe od średniego zużycia wody w Polsce, ale powyżej wartości średnich dla miasta, w którym zlokalizowane są te budynki. Ponadto otrzymane wyniki badań są znacznie niższe niż przeciętne normy zużycia wody podane w Rozporządzeniu tj. $140\text{-}160 \text{ dm}^3/(\text{d}\cdot\text{M})$ [34]. W analizowanym okresie nastąpił spadek jednostkowego sumarycznego zużycia wody (ZW+CW) o 10%.
3. Średnie jednostkowe zużycie wody zimnej oraz ciepłej przypadające na mieszkańca wyniosło odpowiednio $55 \text{ dm}^3/(\text{d}\cdot\text{M})$ i $35 \text{ dm}^3/(\text{d}\cdot\text{M})$. Wyniki te są zbliżone do badań przeprowadzonych przez Jaszewską i Szaflika [17] dla Szczecina ($60 \text{ dm}^3/(\text{d}\cdot\text{M})$ – woda zimna i $40 \text{ dm}^3/(\text{d}\cdot\text{M})$ – woda ciepła). Należy zauważyć, że wartości otrzymane dla wody ciepłej są znacznie niższe niż zawarte w normie [27], na podstawie której projektuje się węzły cieplne tj. $110\text{-}130 \text{ dm}^3/(\text{d}\cdot\text{M})$. W analizowanym okresie nastąpił spadek jednostkowego zużycia wody zimnej w budynkach średnio o 10%, a wody ciepłej o 13%.
4. Wartość średnia udziału zużycia ciepłej wody użytkowej w zużyciu sumarycznym wynosi 41%, co jest porównywalne z wynikami otrzymanymi przez Jaszewską i Szaflika [17] (40%) oraz Nowakowskiego [21] (38,5%). Wyjątek stanowią budynki B7 i B8, gdzie ciepła woda stanowi odpowiednio 51% i 29%.
5. Średni wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na ciepłą wodę w odniesieniu do 1 m^2 powierzchni użytkowej wyniósł $1,24 \text{ dm}^3/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$. Jest on mniejszy od wartości teoretycznej wynoszącej $1,6 \text{ dm}^3/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$, którą należy przyjmować zgodnie z Rozporządzeniem [35] przy sporządzaniu charakterystyki energetycznej budynku.
6. Średnia wartość wskaźnika podgrzewania wody uzyskana ze wszystkich analizowanych budynków w latach 2013-2020 wyniosła $0,38 \text{ GJ/m}^3$. Otrzymane wartości są porównywalne z wynikami otrzymanymi przez Gołębiowską [14] ($0,41 \text{ GJ/m}^3$). Porównując wyniki z teoretyczną wartością zużycia ciepła do podgrzania 1 m^3 wody o temperaturze 10°C do temperatury 55°C wynoszącą $0,19 \text{ GJ/m}^3$ należy w wartości teoretycznej uwzględnić sprawność przesyłu ciepła ze źródła ciepła do zaworów czerpalnych, które wg Rozporządzenia [35] wynosi 0,6. Otrzymana wartość teoretyczna, wynosząca $0,32 \text{ GJ/m}^3$ jest mniejsza od wartości rzeczywistej. Spowodowane jest to stratami ciepła na przesyle oraz pracą cyrkulacji w analizowanych instalacjach.
7. Wartość średnia sprawności przesyłu ciepła we wszystkich analizowanych budynkach wyniosła 0,5 i jest niższa od wartości podanej w Rozporządzeniu [35] – 0,6 w przypadku systemów centralnego podgrzewania wody z obiegami cyrkulacyjnymi z ograniczeniem czasu pracy, z pionami instalacyjnymi i zaizolowanymi poziomami rozprowadzającymi, gdy w budynku występuje powyżej 100 punktów poboru ciepłej wody.

Na podstawie przeprowadzonych analiz należy uznać za konieczne stałe monitorowanie zużycia wody zimnej i ciepłej oraz przeprowadzanie analizy rocznego zużycia ciepła w celu przygotowania ciepłej wody. Jeżeli podobne badania będą potwierdzały różnicę między rzeczywistymi a teoretycznymi wartościami badanych wskaźników, wówczas trzeba rozważyć możliwość wprowadzenia zmian legislacyjnych korygujących wskaźniki zużycia zimnej wody do celów projektowania sieci wodociągowych i wskaźników zużycia ciepłej wody w metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku. ■

LITERATURA

- [1] Bank danych lokalnych www.stat.gov.pl – dane wg stanu na dzień 10.08.2023.
- [2] Bergel T. 2013. Zużycie wody w wiejskich i miejsko-wiejskich wodociągach w Polsce. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2/2013, s. 99-101.
- [3] Borowa M. 2003. „Rzeczywista i prognozowana wielkość zapotrzebowania na wodę w latach 1996-2030 w Warszawie”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (4):121-124.
- [4] Bugajski P. 2009. Średnie zużycie zimnej i ciepłej wody w budynkach wielorodzinnych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 9/2009, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, s. 105-113.
- [5] Bugajski P., Kaczor G. 2005. „Struktura zużycia zimnej i ciepłej wody w gospodarstwie jednorodzinnym”. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2005/2, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, s. 17-26.
- [6] Bugajski P., Satora S. 2009. „Zmienność jednostkowego zużycia wody przez mieszkańców Olkusza”. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* (5):51-60. Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie.
- [7] Breyer B., Chang H., Parandvash G. H. 2012. „Land-use, temperature, and single-family residential water use patterns in Portland, Oregon and Phoenix, Arizona”. *Applied Geography* 35(1-2):142-151.
- [8] Canale L. 2023. „The role of individual metering in reducing domestic hot water consumption in residential buildings: A long-term evaluation.” *Journal of Building Engineering* 73 106734.
- [9] Chudziński J., Sołoduzkiewicz A. 2006. „Badania jednostkowego zużycia wody w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych na przykładzie Spółdzielni Mieszkaniowej „URSUS” w Warszawie”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (1):16-19.
- [10] Domene E., Saurí, D. 2006. „Urbanisation and water consumption: influencing factors in the metropolitan region of Barcelona”. *Urban Studies*. 43(9):1605-1623.
- [11] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U.UE.L. 2020.435.1).
- [12] Englart S., Jedlikowski A. 2019. „The influence of different water efficiency ratings of taps and mixers on energy and water consumption in buildings”. *SN Applied Sciences*, 1 (525):1-10.
- [13] Franiczek I., Jedlikowski A. 2018. „Zużycie wody w obiektach przedszkolnych na podstawie kilkudziesięcioletniej zmienności zapotrzebowania na wodę dla budynków mieszkalnych”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (8): 289-293.
- [14] Gołębiowska J. 2015. „Wpływ zastosowania kolektorów słonecznych na ekonomię przygotowania ciepłej wody użytkowej”. *Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska* (3):71-78.
- [15] Hamburg A., Kalamees, T. 2019. „How well are energy performance objectives being achieved in renovated apartment buildings in Estonia?” *Energy Build* (199):332-341.
- [16] Hotłoś H. 2010. „Badania zmian poboru wody w wybranych miastach Polski w latach 1990 – 2008”. *Ochrona Środowiska* 3(32):39-42.
- [17] Jaszewska M., Szaflik W. 2020. „Zużycie ciepłej i zimnej wody w gospodarstwach domowych w Szczecinie w latach 2006-2019”. *Instal* (4): 22-25.
- [18] Jedlikowski A., Englart S. 2019. „Wpływ zastosowania baterii czerpalnych na zużycie wody w budynkach”. *Rynek Instalacyjny*. R. 27 (11):74-77.
- [19] Kloss-Trębaczekiewicz H., Osuch-Pajdzińska E., Roman M. 2000. „Przyczyny spadku zużycia wody w miastach polskich i jego granice”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (10) :398-408.
- [20] Kowalski D. 2019. „Zmiany wielkości zużycia wody w wybranych krajach europejskich, w latach 1990-2016”. *Instal* (6): 42-44.
- [21] Nowakowski E. 2010. „Zużycie wody wodociągowej w budynkach mieszkalnych”. *Rynek instalacyjny* 11.
- [22] Pasela R., Klugiewicz J. 2006. „Struktura zużycia wody w największych miastach woj. kujawsko-pomorskiego”. *Instal* (1):49-52.
- [23] Pasela R., Gorączko M. 2013. „Analiza wybranych czynników kształtujących zużycie wody w budynkach wielorodzinnych”. *Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska tom 15, s. 1658-1672.*
- [24] Pawełek J., Kaczor G. 2006. „Jednostkowe zużycie wody w gospodarstwie domowym w 8-letnim okresie obserwacji”. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2(1):159-170. Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie.
- [25] Pawełek J., Kaczor G. 2008. „Charakterystyka zużycia wody w domu jednorodzinnym w dziesięcioletnim okresie badań”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (9):22-24.

- [26] Pawelek J., Woyciechowska O. 2015. „Zmienność wskaźników zużycia wody wodociągowej w małym powiatowym mieście”. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* IV/1/2015, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, s. 909-919.
- [27] PN-92/B-01706 Instalacje wodociągowe – Wymagania w projektowaniu.
- [28] Puskarewicz A. 2010. „Analiza zużycia wody w osiedlach miejskich o różnicowanym wyposażeniu mieszkań”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (5):16-17.
- [29] Rak J.R., Ustrobiński M., Potoczny R., Stręk M. 2023. „Analiza zużycia wody w Rzeszowie w czasie kryzysu uchodźczego z Ukrainy”. *Instal* (1): 44-46.
- [30] Ratajczak K., Michalak K., Narojczyk M., Amanowicz Ł. 2021. „Real Domestic Hot Water Consumption in Residential Buildings and Its Impact on Buildings’ Energy Performance” – *Case Study in Poland. Energies*, 14, 5010.
- [31] Roman M. 1996. „Zużycie wody i jego zmiany w dużych miastach polskich w latach 1984-1998”. Materiały konferencyjne „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi” PZITS, Poznań 1996.
- [32] Roman M., Kłoss-Trębaczewicz H., Osuch-Pajdzińska E., Kałużna M., Milulska E. 2001. „Zmiany zużycia wody w miastach polskich w latach 1987-1998”. *Ochrona środowiska* 3(82):3-6.
- [33] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14.12.1994 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 1994 nr 10 poz. 46).
- [34] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14.01.2002 r. w sprawie określania przeciętnych norm zużycia wody (Dz.U. z 2002 nr 8 poz. 70).
- [35] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. z 2015 poz. 376).
- [36] Salas E.B. 2023. “Drinking water daily consumption per capita in Europe 2021, by country”. <https://www.statista.com/statistics/1393712/drinking-water-consumption-per-capita-daily-europe/>
- [37] Suchorab P., Iwanek M. 2021. „Efektywność wybranej instalacji dualnej wykorzystującej wodę deszczową w warunkach rzeczywistych opadów”. *Instal* (12): 41-45.
- [38] Szaflik W. 2020. „Zużycie wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych”. *Instal* (10):18-21.
- [39] Szaflik W. 2021. „Zmienność jednostkowego średniego rocznego zużycia ciepłej i zimnej wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych”. *Instal* (3):26-30.
- [40] Szulgowska-Zgrzywa M., Stefanowicz E., Piechurski K., Chmielewska A., Kowalczyk M. 2020. “Impact of Users’ Behavior and Real Weather Conditions on the Energy Consumption of Tenement Houses in Wrocław, Poland: Energy Performance Gap Simulation Based on a Model Calibrated by Field Measurements”. *Energies*, 13, 6707.
- [41] Tuz P.K., Królikowski A. 2005. “Wskazania wodomierzy domowych i mieszkaniowych – przyczyny rozbieżności i metody ich bilansowania”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (2): 9-17.
- [42] Willis R. M., Stewart R. A., Giurco D. P., Talebpour M. R., Mousavinejad A. 2013. “End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices”. *Journal of Cleaner Production*, 60(1):107-115.